

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340141

研究課題名(和文) 2010年夏のロシアブロッキングの成因、予測可能性と日本の猛暑への影響の解明

研究課題名(英文) Mechanism and predictability of the blocking over Russian region, and its influence on the heat wave over Japan in the summer of 2010

研究代表者

向川 均 (Mukougawa, Hitoshi)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：20261349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,200,000円、(間接経費) 2,460,000円

研究成果の概要(和文)：2010年夏季にロシア上空で出現した長寿命のブロッキング高気圧の維持メカニズムと予測可能性について解析を行った。その結果、このブロッキング高気圧の維持には、次の2つの異なるメカニズムが重要であることが明らかになった。まず、ブロッキングの予測精度が明瞭に悪化した7月下旬では、ブロッキングの上流側に存在した気圧の谷に伴う対流圏上層での水平発散が最も重要であった。一方、8月初旬では、ユーラシア大陸西部の対流圏上層に存在する気候学的な水平収束場に高気圧性偏差が重畳することで生ずる渦度強制が重要であった。これらの2つの維持メカニズムは、このブロッキングに特有のものであることも示された。

研究成果の概要(英文)：We investigate the mechanism and predictability of a strong blocking residing over Russia in the summer of 2010 using a reanalysis dataset and two kinds of forecast datasets. It is found that the following different mechanisms contributed to the enhancement of the blocking: During a maintenance period of the blocking in the end of July, when the predictability of the blocking was much reduced, an anticyclonic vorticity forcing associated with horizontal divergence in the upper troposphere due to a deepening trough upstream of the blocking was an important factor for the blocking formation; during another maintenance period in early-August, an anticyclonic vorticity forcing produced by the interaction between the climatological horizontal convergence and the coexisting anticyclonic anomaly in the upper troposphere over the western part of the Eurasian continent was a key to maintain the blocking. These maintenance mechanisms are also found to be inherent to the Russian blocking.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：ブロッキング 予測可能性 アンサンブル予報 大気循環 異常気象 猛暑 夏季

## 1. 研究開始当初の背景

ブロッキングとは、中高緯度域の対流圏上層を、通常はほぼ東西に流れる偏西風が、南北に大きく蛇行あるいは分流する状態が、ほぼ1週間以上持続する現象を意味する。ジェット気流が北に蛇行する領域の東側には、ブロッキング高気圧と呼ばれる、対流圏全層にわたる背の高い鉛直構造を持つ暖かい高気圧が発達する。ブロッキング高気圧が発生すると、移動性高低気圧の東進をブロックするため、同じような天候が持続し、熱波や洪水などの異常気象が発生する。

2010年夏季に長寿命のブロッキングがロシア上空で発達し、モスクワでは記録的な高温を観測し、大規模な山火が発生した。通常、ブロッキングは、2週間程度で消滅するが、このブロッキングは1ヶ月半にも及び顕著な長寿命を記録した。本研究では、まず、この長寿命なブロッキングの持続機構に着目した。

これまでのブロッキングに関する研究は、主に冬季の北大西洋域や北太平洋域で発生するブロッキングについて行われてきた。それらの研究から、ブロッキングの持続に次の二つのメカニズムが重要であることが指摘されている。(1) 移動性高低気圧擾乱(高周波擾乱)によるフィードバック効果: 東進してきた移動性高低気圧擾乱がブロッキングに伴う分流のために変形し、その変形に伴う西風運動量の南北輸送によりブロッキングが維持される(Mullen, 1987; Arai and Mukougawa, 2002)。(2) 準定在性ロスビー波(低周波擾乱)の砕波: ブロッキングの上流域から伝播してきた準定在性ロスビー波がブロッキング領域で砕波することによりブロッキングが維持される(Nakamura et al., 1997)。これらのメカニズムが、2010年夏ロシアの長寿命ブロッキングでどの程度有効に機能していたのか検討した。

一方、2010年夏季に、北大西洋では過去最大級の高温偏差を観測した。このため、本研究でも、このような下部境界条件の偏差がブロッキングの形成維持過程に果たす役割について解析するため、大気大循環モデルを用いた予報実験を実施することを計画した。また、2010年夏季はこのブロッキングの下流域に位置する日本で、夏季平均気温が観測史上最高を記録した。このため、本研究でも、このロシア上空の長寿命ブロッキングが、その下流域の気候に及ぼす影響についても検討することを計画した。

## 2. 研究の目的

まず、2010年夏にロシアで生じた長寿命ブロッキングの形成・維持・減衰メカニズムと予測可能性を明らかにする。特に、ロシア域でのブロッキングの予測精度が大きく変動した期間について、予測に影響を与えた循環偏差を明らかにし、ブロッキングの生成維持を詳しく検討する。また、北大西洋域での

海面水温偏差がブロッキングの維持に果たした役割や、ブロッキングがその下流域の東アジア域の天候に及ぼした影響についても検討を開始する。

## 3. 研究の方法

まず、JRA-25/JCDAS 再解析データを用いて、ロシア域で過度収支解析などを実施することにより、ロシアブロッキング(2010年7月下旬~2010年8月中旬)の、形成・持続・崩壊メカニズムについて解析を行う。

次に、気象研究所/気象庁統一大気大循環モデルを用いて、毎日ハインドキャスト予報実験を行い、ロシアブロッキングの予測可能性がどのように時間変動したのかを明らかにする。

さらに、気象庁現業1ヶ月アンサンブル予報データを用いて、ロシアブロッキングの予測可能性が大きく変動する時期について詳しい解析を行い、ロシアブロッキングの予測精度に影響を及ぼす大気プロセスや、循環偏差を明らかにする。

最後に、気象研究所/気象庁統一大気大循環モデルにおいて全球の海面水温を平年値で与えて予報実験を行い、海面水温偏差がブロッキングの予測に及ぼす影響の解明を目指す。

## 4. 研究成果

本研究の実施によって、以下の研究成果が得られた。

(1) 気象庁作成の JRA-25/JCDAS 再解析データセットを用いて、2010年夏にロシアで生じた長寿命ブロッキングの形成・維持・減衰メカニズムについて解析した。特に、準定在性ロスビー波(低周波擾乱)がブロッキングの形成・維持に果たした役割を定量的に明らかにした。

(2) ヨーロッパ域及びロシア域でブロッキングが発生していた2010年7月から8月までの期間について、気象研究所大気大循環モデル(AGCM)を用いて以下の仕様でアンサンブル予報実験を実施した。まず、積分初期時刻は6時間毎とし、実際の海面水温分布をAGCMに与える。また、時間積分の期間は初期時刻より40日間とした。これら一連の積分結果から、初期時刻が5日間毎の20ランを一つのアンサンブル予報として取り扱い、毎週1回しか実施されない気象庁1ヶ月アンサンブル予報を補完するデータセットを作成した。この予報実験結果を解析することにより、2010年夏のロシアでの長寿命ブロッキング発生期間における予測可能性の変動を明らかにした。

(3) ブロッキング発生期間で特にブロッキング発生領域の予測可能性が低かった期間について、気象庁1ヶ月アンサンブル予報の全メンバーの予測結果を用いた詳細な解析を行った。この解析では、Takemura and

Mukougawa (2010)で用いた解析手法を用いて、ブロッキングの予測に影響を与えた初期擾乱を求めた。その結果、ブロッキング領域のすぐ上流のイタリア付近での低気圧性循環の強さがブロッキング強度と統計的に有意に関連していることが示された。また、両者の関係が有意な期間は数日以内のごく短期間であることも示された。

(4) 7月末のロシアブロッキング持続期の予測精度が、その前後の時期と比べ特に悪化することが分かった。このような持続期における予測精度の顕著な悪化は、ブロッキングの予測可能性に関する先行研究では示されていない。従って、2010年夏季のロシアブロッキングの予測可能性変動は特異であったことが分かる。

(5) 7月末のロシアブロッキングの発達には、その上流域において降水に伴う非断熱加熱により強化された対流圏上層での水平発散が重要な役割を果たしていたことが示唆された。

(6) 8月上旬にロシアブロッキングは再発達したが、この時期のロシアブロッキングの維持・強化には、夏季の気候場のユーラシア大陸西部（ギリシャ付近）における対流圏上層の強い収束域に、ブロッキングに伴う負の相対渦度偏差が存在したことにより生じた、渦管の伸張に伴う負の渦度強制が最も重要であることが示された。このブロッキング維持メカニズムは、2010年夏季のロシアブロッキングに特有なものであることも、他のブロッキング事例との比較から明らかになった。

(7) ロシアブロッキング期間中における詳細な予測可能性変動を解明できるように、気象研究所のスーパーコンピュータシステムに、育成モード法（Breeding of Growing Mode(BGM) method）プログラムを新たに移植し、BGM法で得られた初期摂動を用いて、一日毎に初期時刻を変えて、アンサンブル再予報実験を実施できる気象研究所アンサンブル予報システム（MRI-EPS）を作成することに成功した。

(8) この完成した、MRI-EPSの動作試験を実施するため、成層圏突然昇温現象を引き起こした2009年の顕著な冬季のブロッキング事例について再アンサンブル予報実験を実施し、MRI-EPSが正しく動作することを確認した。また、2001年10月から2013年3月までの期間について、MRI-EPSを用いて、毎日25モードの初期摂動を作成した。

(9) 2010年6月1日から8月15日までの期間について、海面水温を平年値で与えて予報実験を6時間毎に実施し、海面水温偏差がロシアブロッキングの維持や予測可能性に与える影響について解析しうる予報データの整備を完了した。

今後は、完成したMRI-EPS及び、海面水温を平年値で与えて実施した予報実験結果を利用して、2010年夏に発生したロシアブロッ

キングの予測可能性変動の詳細と、海面水温偏差がその予測可能性に与える影響について、さらに詳細な解析する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 29 件)

S. Yabu, R. Mizuta, H. Yoshimura, Y. Kuroda, and H. Mukougawa, 2014: Meteorological Research Institute Ensemble Prediction System (MRI-EPS) for climate research. -Outline and its application-. Technical Reports of the Meteorological Research Institute, 71, 1-63, 査読有.

野口 峻佑・向川 均・黒田 友二・水田亮・直江 寛明・納多 哲史・藪 将吉・吉村 裕正, 2014: 成層圏周極渦崩壊現象の予測可能性: 2009年1月のアンサンブル予報実験. 「異常気象と長期変動」研究集会報告, 10, 1-8, 査読無.

小寺 邦彦・向川 均, 2014: ユーラシアに寒波をもたらしたブロッキングと成層圏プラネタリー波の反射: 2012年12月の事例. 「異常気象と長期変動」研究集会報告, 10, 17-20, 査読無.

黒田 友二・向川 均, 2013: 成層圏 - 対流圏結合系の変動と予測可能性に関する研究 - 2013年度日本気象学会賞受賞記念講演 -. 天気, 60, 985-1008, 査読有.

Y. Kuroda and H. Mukougawa, 2013: Role of atmospheric waves in the formation and maintenance of the Northern Annular Mode. J. Geophys. Res. Atmos., 118, 9048-9063, 査読有.

K. Kodera, H. Mukougawa, and A. Fujii, 2013: Influence of the vertical and zonal propagation of stratospheric planetary waves on tropospheric blockings. J. Geophys. Res. Atmos., 118, 8333-8345, 査読有.

M. Inatsu, N. Nakano, and H. Mukougawa, 2013: Dynamics and practical predictability of extratropical wintertime low-frequency variability in a low-dimensional system. J. Atmos. Sci., 70, 939-952, 査読有.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均, 2013: 2010年夏季のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 「異常気象と長期変動」研究集会報告, 9, 20-37, 査読無.

向川 均・小寺 邦彦・藤井 晶, 2013: 成層圏惑星規模波の下方伝播が北太平洋ブロッキングの形成に及ぼす影響. 「異常気象と長期変動」研究集会報告, 9, 183-189, 査読無.

中野 直人・稲津 将・向川 均・楠岡 誠一郎, 2013: 確率微分方程式を用いた気候モデルについて. 京都大学数理解析研究所講究録, 1823, 79-96, 査読無.

向川 均・小寺 邦彦・藤井 晶, 2013: 成層圏惑星規模波の下方伝播が北太平洋ブロッキングの形成に及ぼす影響. 京都大学防災研

究所年報, 56B, 243-249, 査読無.

藤井 晶・向川 均・黒田 友二, 2013: 2010年夏のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 京都大学防災研究所年報, 56B, 265-279, 査読無.

向川 均・藤井 晶・黒田 友二, 2013: 2010年夏のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 131, 17-20, 査読無.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均, 2012: 2010年夏にヨーロッパ・ロシア域で発生した持続的なブロッキングのメカニズムと予測可能性. 京都大学防災研究所年報, 55B, 255-262, 査読無.

K. Kodera, H. Mukougawa, and Y. Kuroda, 2011: A general circulation model study of the impact of a stratospheric sudden warming event on tropical convection. SOLA, 7, 197-200, 査読有.

Y. Kuroda and H. Mukougawa, 2011: Correction to "Role of medium-scale waves on the Southern Annular Mode1". J. Geophys. Res., 116, doi: 10.1029/2011JD017241, 査読有.

Y. Kuroda and H. Mukougawa, 2011: Role of medium-scale waves on the Southern Annular Mode. J. Geophys. Res., 116, doi: 10.1029/2011JD016293, 査読有.

田中 智之・向川 均, 2011: 夏季北大西洋域の循環偏差が中高緯度大気循環の予測に及ぼす影響について. 京都大学防災研究所年報, 54B, 271-275, 査読無.

長田 翔・向川 均・黒田 友二, 2011: 成層圏突然昇温が北半球環状モードに与える影響. -2009年・2010年冬季の比較解析-京都大学防災研究所年報, 54B, 277-281, 査読無.

〔学会発表〕(計 58 件)

向川 均・野口 峻佑・稲津 将・中野 直人: 成層圏突然昇温の力学と予測可能性. 数学協働プロジェクト「地球流体現象の疎構造」, 2014年3月13日, 京都, 招待講演.

向川 均・藤井 晶・黒田 友二: 2010年夏のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 2013年度日本気象学会関西支部第2回例会, 2013年12月18日, 大阪.

H. Mukougawa, T. Hirooka, Y. Kuroda, S. Noguchi, M. Taguchi, and S. Yoden: Predictability of stratosphere-troposphere dynamical coupling examined by JMA 1-month ensemble forecast. RIMS International Conference on Theoretical Aspects of Variability and Predictability in Weather and Climate Systems, 2013年10月24日, 京都, 招待講演.

M. Inatsu, N. Nakano, H. Mukougawa: Dynamics and practical predictability of extratropical wintertime low-frequency variability in a low-dimensional system. RIMS International Conference on Theoretical Aspects of Variability and Predictability in Weather and Climate Systems, 2013年10月23日, 京都, 招

待講演.

H. Mukougawa, A. Fujii, and Y. Kuroda: Predictability and dynamics of persistent blocking over Russia in summer 2010 examined by ensemble forecast datasets. Davos IAMAS-IACS Assembly DACA-13, 2013年7月9日, ダボス, スイス.

向川 均・藤井 晶・黒田 友二: 2010年夏季のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 日本気象学会 2013年度春季大会, 2013年5月18日, 東京, 招待講演.

向川 均: 成層圏-対流圏結合系の変動と予測可能性に関する研究. -2013年度日本気象学会賞受賞記念講演-. 日本気象学会 2013年度春季大会, 2013年5月16日, 東京, 招待講演.

H. Mukougawa, A. Fujii, T. Hirooka, K. Kodera, and Y. Kuroda: Predictability of stratosphere-troposphere dynamical coupling examined by the JMA 1-month ensemble prediction. WCRP Regional Workshop on Stratosphere-Troposphere Processes and their Role in Climate, 2013年4月2日, 京都, 招待講演.

H. Mukougawa, and M. Mabuchi: Regional circulation regimes associated with predominant anomaly patterns of wintertime temperature distribution over East Asia. Symposium on Leading International Cooperative Research of Integrated Disaster Science on Evolving Natural Hazards, 2013年3月11日, 宇治, 招待講演.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均: 2010年夏のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 平成 24 年度防災研究所年次研究発表会, 2013年2月19日, 宇治.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均: 2010年夏季のロシアブロッキングのメカニズムと予測可能性. 平成 24 度「異常気象と長期変動」研究集会, 2012年11月20日, 宇治.

藤井 晶・向川 均・黒田 友二: 2010年夏にヨーロッパ・ロシア域で発生した持続的なブロッキングのメカニズムと予測可能性. 日本気象学会 2012年度春季大会, 2012年5月26日, つくば.

A. Fujii, Y. Kuroda, and H. Mukougawa: Mechanism and predictability of persistent Euro-Russian blocking in summer of 2010 examined by ensemble hindcast and forecast dataset. EGU General Assembly 2012, 2012年4月25日, ウィーン, オーストリア.

向川 均・藤井 晶・黒田 友二: 2010年夏にヨーロッパ・ロシア域で発生した持続的なブロッキングのメカニズムと予測可能性. 平成 23 年度防災研究所年次研究発表会, 2012年2月22日, 宇治.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均: 2010年夏にヨーロッパ・ロシア域で発生した持続的なブロッキングのメカニズムと予測可能性. 2011年度日本気象学会関西支部第3回例会, 2012年1月16日, 大阪.

藤井 晶・黒田 友二・向川 均: 2010 年ロシアブロッキングの予報データの解析. 平成 23 度「異常気象と長期変動」研究集会, 2011 年 11 月 8 日, 宇治.

向川 均・長田 翔・黒田 友二・一丸 知子・廣岡 俊彦: 気象庁 1 ヶ月アンサンブル予報結果を用いた成層圏-対流圏力学結合の予測可能性に関する研究. 日本気象学会 2011 年度春季大会, 2011 年 5 月 18 日, 東京, 招待講演.

〔図書〕(計 6 件)

向川 均, 2014: 環境学 -21 世紀の教養-, 2.5 地球大気の温室効果と地球温暖化. 朝倉書店, 42-51.

向川 均, 2013: 海は百面相, 2.3.04 南極域オゾンホールが発生と海, 京都通信社, 117-118.

小寺 邦彦・向川 均・藤井 晶, 2012: 2010 年夏の異常気象, 第 7 章 2010 年 7 月の日本の猛暑の出現と熱帯循環場の急変, 日本気象学会, 65-76.

向川 均, 2011: 気象業務はいま 2011, コラム「大学との共同研究で予報精度向上」, 研精堂印刷株式会社, 154-154.

向川 均, 2011: 自然災害と防災の事典, 5.2.2 異常気象と地球温暖化, 丸善出版株式会社, 207-209.

向川 均, 2011: 災害対策全書 1. 災害概論, 2.2.7 自然災害・気象災害・大気循環変動による災害, ぎょうせい, 36-39.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/mukou/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

向川 均 (MUKOUGAWA, HITOSHI)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号: 2 0 2 6 1 3 4 9

(2) 研究分担者

黒田 友二 (KURODA, YUHJI)

気象研究所・気候研究部・主任研究官

平成 23 年度

研究者番号: 8 0 3 4 3 8 8 8

(3) 連携研究者

黒田 友二 (KURODA, YUHJI)

気象研究所・気候研究部・主任研究官

平成 24, 25 年度

研究者番号: 8 0 3 4 3 8 8 8